

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-324080

(43)Date of publication of application : 24.11.2000

(51)Int.Cl. H04J 11/00
H03M 13/27

(21)Application number : 11-130566

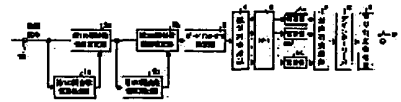
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 11.05.1999

(72)Inventor : HAYASHI RYOJI
ISHIZU FUMIO**(54) TRANSMITTER AND RECEIVER FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEM AND METHOD FOR CORRECTING RECEPTION FREQUENCY SHIFT****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a reception frequency shift in a relatively short time with high precision by sending a burst signal, which has fixed patterns of one-symbol length successively arranged at the head and the same fixed pattern of one-symbol length arranged at a distance of multiple symbols from the head symbol, to a receiver.

SOLUTION: In the transmission of a transmit data series after error correction encoding, the whole burst is interleaved with time and arranged so that receive data having relatively many errors up to an (n)th symbol and receive data having a relatively small number of errors after the (n)th symbol are rearranged mixedly. A deinterleaver 8 and an error correcting and decoding part 9 are so constituted as to restore the rearranged data. For example, the deinterleaver 8 stores a demodulated data series outputted from a parallel-series conversion part 7 over the burst and rearranges it in the bit order. Consequently, bit errors are decentralized over the entire burst.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

W1033E0

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-324080
(P2000-324080A)

(43)公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 J 0 6 5
H 0 3 M 13/27		H 0 3 M 13/22	5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-130566

(22)出願日 平成11年5月11日(1999. 5. 11)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 林 亮司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 石津 文雄

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

Fターム(参考) 5J065 AA03 AD03 AE02 AE06 AG06

5K022 DD00 DD13 DD17 DD19 DD22

DD34 DD42

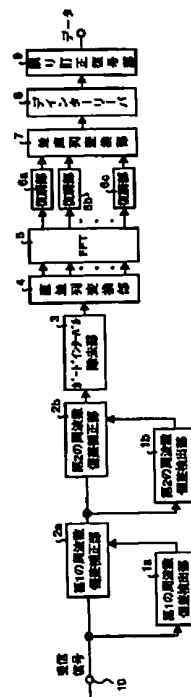
(54)【発明の名称】 無線通信システム用送信機および受信機、ならびに受信周波数偏差の補正方法

(57)【要約】

【課題】 受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、さらに、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる無線通信システム用受信機を得ること、およびその受信周波数偏差の補正方法を得ること。

【解決手段】 二つの連続する固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、周波数偏差を検出する第1のステップと、前記バースト信号から、前記第1のステップにて検出された周波数偏差を除去する第2のステップと、2つの連続していない固定パターンを用いてシンボル長にわたる相関をとることにより、残留周波数偏差を検出する第3のステップと、前記第2のステップにて除去されたバースト信号から、前記第3のステップにて検出された残留周波数偏差を除去する第4のステップにより、受信周波数偏差の補正を行う。

言葉



【特許請求の範囲】

【請求項1】 受信機に対して複数シンボルからなるバースト信号を送信する送信機において、先頭に1シンボル長の固定パターンを連続して配置し、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に、1シンボル長の同一固定パターンを配置するバースト信号を、受信機に対して送信することを特徴とする無線通信システム用送信機。

【請求項2】 さらに前記固定パターンの他に、少なくとも一つの同一固定パターンをバースト信号内に配置することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム用送信機。

【請求項3】 バースト信号全体に時間インターリーブをかけることにより、前記先頭シンボルから複数シンボル離れた位置までのバースト信号のデータと、それ以降バースト信号のデータと、が交じり合うように順番を並べ替えることを特徴とする請求項1または2に記載の無線通信システム用送信機。

【請求項4】 受信信号から周波数偏差の検出および除去を行う無線通信システム用受信機において、先頭に1シンボル長の固定パターンが連続して配置され、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に1シンボル長の同一固定パターンが配置されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを1シンボル長だけ遅延させ、その後、二つの連続する固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、周波数偏差を検出する第1の周波数偏差検出手段と、前記バースト信号から、前記第1の周波数偏差検出手段にて検出された周波数偏差を除去する第1の周波数偏差除去手段と、前記第1の周波数偏差除去手段にて除去されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを前記複数シンボル離れた固定パターンまで遅延させ、その後、二つの固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、残留周波数偏差を検出する第2の周波数偏差検出手段と、前記第1の周波数偏差除去手段にて除去されたバースト信号から、前記第2の周波数偏差検出手段にて検出された残留周波数偏差を除去する第2の周波数偏差除去手段と、を備えることを特徴とする無線通信システム用受信機。

【請求項5】 前記第2の周波数偏差検出手段および前記第2の周波数偏差除去手段の組み合わせを、少なくとも一つ備えることにより、前記固定パターンに加えてさらに少なくとも1つの同一固定パターンが配置されたバースト信号を受信した場合に、さらに残留する周波数偏差を検出し、その後、受信した信号からその残留周波数偏差を除去することを特徴とする請求項4に記載の無線通信システム用受信機。

【請求項6】 前記周波数偏差が除去され、さらに復調

されたデータ列を、バースト信号全体にわたりデインターリーブすることにより、データの並び替えを行う並べ替え手段と、

前記並べ替え手段にて分散された誤りを訂正する誤り訂正手段と、

をさらに備えることを特徴とする請求項4または5に記載の無線通信システム用受信機。

【請求項7】 先頭に1シンボル長の固定パターンが連続して配置され、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に1シンボル長の同一固定パターンが配置されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを1シンボル長だけ遅延させ、その後、二つの連続する固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、周波数偏差を検出する第1のステップと、

前記バースト信号から、前記第1のステップにて検出された周波数偏差を除去する第2のステップと、

前記第1のステップにて除去されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを前記複数シンボル離れた固定パターンまで遅延させ、その後、二つの固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、残留周波数偏差を検出する第3のステップと、

前記第2のステップにて除去されたバースト信号から、前記第3のステップにて検出された残留周波数偏差を除去する第4のステップと、

を含むことを特徴とする受信周波数偏差の補正方法。

【請求項8】 前記第3のステップおよび前記第4のステップの組み合わせを、少なくとも一つ含むことにより、前記固定パターンに加えてさらに少なくとも1つの同一固定パターンが配置されたバースト信号を受信した場合に、さらに残留する周波数偏差を検出し、その後、受信した信号からその残留周波数偏差を除去することを特徴とする請求項7に記載の受信周波数偏差の補正方法。

【請求項9】 前記周波数偏差が除去され、さらに復調されたデータ列を、バースト信号全体にわたりデインターリーブすることにより、データの並び替えを行う並べ替えステップと、前記並べ替えステップにて分散された誤りを訂正する誤り訂正ステップと、

をさらに含むことを特徴とする請求項7または8に記載の受信周波数偏差の補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線通信システム用の受信機に関するものであり、特に、受信信号から周波数偏差を精度よく検出し、さらにその後、検出した周波数偏差の補正を行う無線通信システム用受信機、およびその補正方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】以下、従来の無線通信システム用受信機

による受信周波数偏差の補正方法について説明する。無線通信においては、送信機および受信機における局部発振器の周波数誤差により、受信信号が周波数偏差を含んでいる。そして、デジタル無線通信の場合においては、受信信号に周波数偏差があると、復調後のビット誤り率が劣化する。

【0003】特に、直交周波数分割多重（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式における通信では、受信信号の周波数偏差により、サブキャリア間の周波数の直交性が崩れ、それに伴って干渉が生じ、ビット誤り率が大きく劣化する。そのため、OFDM受信機においては、特に、受信周波数偏差の除去（補正）が重要となる。

【0004】上記、OFDM方式を採用する送信機および受信機に関する文献としては、たとえば、特開平7-143097号公報（「OFDM同期復調回路」）がある。図5は、OFDM方式における従来の送信機の構成図を示すものである。図5において、100は送信データ系列であり、101は直並列変換部であり、102a, 102b, ..., 102cはマッピング部であり、103は逆高速フーリエ変換部（IFFT: Inverse Fast Fourier transform）であり、104は並直列変換部であり、105はガードインターバル付加部である。

【0005】つぎに、上記送信機におけるOFDM信号の生成方法を説明する。まず、送信機における送信データ系列100は、直並列変換部101にてシリアル→パラレル変換される。すなわち、N（Nは整数）個のサブキャリア毎のデータ系列に並列化される。並列化されたデータ系列を受け取った各マッピング部では、たとえば、QPSK（Quaternary Phase Shift Keying）や16QAM（Quadrature Amplitude Modulation）等の変調方式で、サブキャリア単位のデータ系列を、信号点にマッピングする。

【0006】その後、逆高速フーリエ変換部103では、複数のサブキャリアの信号点を逆高速フーリエ変換し、その信号を時系列信号にする。その時系列信号を受け取った並直列変換部104では、得られる時系列信号を、直列データ列に変換する。そして、直列の時系列信号を受け取ったガードインターバル付加部105では、その時系列信号の後半の一部を複製して、その部分をガードインターバルとし、時系列信号の前に配置する。

【0007】図6は、上記の方法により生成されたOFDM信号である。なお、各マッピング部の出力以降の信号については、複素ベースバンド信号となるが、ここでは、簡単のため、I号およびQ信号に分けずに表してい

$$x(t+T) = x(t)$$

ただし、 $0 \leq t \leq T_g$ であり、Tは有効OFDMシンボル長を示すものであり、 T_g はガードインターバル長を示すものである。

【0013】ところが、たとえば、受信周波数偏差 Δf

る。また、ガードインターバル付加部105から出力される複素ベースバンド信号は、図示はしていないが、直交変調器等により直交変調され、送信機から出力される。

【0008】このように、OFDM方式を採用する従来の送信機においては、OFDM信号（OFDMシンボル）が、その信号の一部をガードインターバルとして付加された巡回信号となる。そのため、後述する従来の受信機においては、この性質を用いることで、受信信号の周波数偏差を検出する。

【0009】図7は、OFDM方式における従来の受信機の構成図を示すものである。図7において、110は受信信号が直交変調器（図示せず）等により直交復調された受信複素ベースバンド信号であり、111は周波数偏差検出部であり、112は周波数偏差補正部であり、113はガードインターバル除去部であり、114は直並列変換部であり、115は高速フーリエ変換部（FFT: Fast Fourier transform）であり、116a, 116b, ..., 116cは復調部であり、117は並直列変換部である。

【0010】以下、上記受信機における受信周波数偏差の検出方法、および検出された周波数偏差の除去方法を図面に従って説明する。まず、上記受信機では、周波数偏差検出部111にて受信する複素ベースバンド信号110から、その信号の周波数偏差を検出する処理を行う。図8は、周波数偏差検出部111の内部構成を詳細に示す図である。

【0011】たとえば、図8において、121は受信複素ベースバンド信号110を1有効OFDMシンボル時間Tだけ遅延させる1シンボル遅延回路であり、122は遅延された受信複素ベースバンド信号110の複素共役を計算する複素共役演算回路であり、123は受信した複素ベースバンド信号110と複素共役演算回路122の出力を乗算する乗算回路であり、124は乗算回路123の出力をガードインターバル長にわたって記憶するレジスタであり、125はレジスタ124の出力を加算する加算回路であり、126は加算回路125の出力をシンボル毎に累算する累算回路であり、127は累算回路126による累算結果からその偏角、すなわち、周波数偏差に起因して1標本時間（ T/N ）あたりに生じる位相偏移量を取り出す偏角演算回路である。

【0012】ここで、周波数偏差検出部111における周波数偏差検出の原理について説明する。まず、雑音および受信周波数偏差がない場合、ガードインターバル内においては、以下の（1）式が成り立つ。

$$(1) \text{ 式}$$

がある場合には、時間Tの間に、受信信号の位相が $2\pi \Delta f T$ だけ回転するため、ガードインターバル内の信号の関係は、（2）式ようになる。

【数1】

$$x(t+T) = x(t) e^{j2\pi\Delta f T} \quad (2) \text{式}$$

【0014】従って、ガードインターバル内の受信信号を、有効OFDMシンボル長Tだけ遅延させて複素共役をとり、OFDMシンボルの末尾部分の受信信号と乗算

することにより、受信周波数偏差 Δf が検出できる。すなわち、(3)式および(4)式が成り立つ。

【数2】

$$|x(t)|^2 e^{j2\pi\Delta f T} = x(t+T) \times \text{conj}\{x(t)\} \quad (3) \text{式}$$

$$\Delta f = \arg[x(t+T) \times \text{conj}\{x(t)\}] / 2\pi \quad (4) \text{式}$$

ただし、 $\text{conj}()$ は、括弧内の複素共役をとる関数を示すものであり、 $\arg[]$ は、括弧内の偏角をとる関数を示すものである。なお、実際の受信信号には、雑音が含まれているため、ガードインターバル内(3)式の値を積分した値、すなわち、ガードインター

バルの複素相関、から周波数偏差を、(5)式のように求める。

【0015】

【数3】

$$\Delta f = \arg\left[\sum_{t=0}^{T_0} x(t+T) \times \text{conj}\{x(t)\}\right] / 2\pi$$

(5)式

【0016】以上が周波数偏差検出の原理である。なお、ここでは、加算回路125の出力が、ガードインターバルの複素相関であるが、従来の周波数検出回路111においては、それをさらに、累算回路126にてシンボル単位に加算して、検出の精度を高めている。

【0017】つぎに、上記受信機では、周波数偏差補正部112が、複素ベースバンド信号110から周波数偏差検出部111にて検出した周波数偏差を除去する処理を行う。図9は、周波数偏差補正部112の内部構成を詳細に示す図である。たとえば、図9において、131は、周波数偏差検出部111にて検出された1標本時間、すなわち、 T/N あたりの位相偏移量を累算して、受信した複素ベースバンド信号110の標本毎の位相偏移量を計算する累算回路であり、132は、累算回路131の出力する位相分だけ複素ベースバンド信号110の偏角を逆回転させる位相補正回路である。

【0018】上記のように構成される周波数偏差補正部112にて周波数偏差を除去された複素ベースバンド信号は、つぎに、ガードインターバル除去部113にてガードインターバルが除去され、さらに、直並列変換部114にてN個の時系列信号に並列化される。並列化後、高速フーリエ変換部115では、その時系列信号を高速フーリエ変換し、それぞれをN個のサブキャリアの信号に変換する。

【0019】そして、各サブキャリア単位の復調を行う復調部116a、116b、…、116cでは、たとえば、QPSKや16QAM等の変調方式に基づいて、並列化されたサブキャリア単位の信号を復調する。最後に、直並列変換部117では、サブキャリア単位の復調データを、直列のデータ系列に変換して出力する。

【0020】以上のように、従来のOFDM方式における受信機では、ガードインターバルの相関を利用し、ガードインターバル長だけ乗算器出力を累算して雑音の影響を低減させることにより、受信周波数偏差の検出を行っている。また、ここでは、ガードインターバルが、OFDMシンボルの数分の1の長さしかないので、シンボ

ル毎に相関値を累算することで検出の精度を向上させることができる。

【0021】このような方式は、たとえば、デジタル放送のように、連続して信号が受信できる場合には適しているが、無線アクセスのようなパースト信号には適していない。理由としては、パースト通信では、受信パーストの先頭で受信周波数偏差を所要の精度で検出し、そのパースト内の信号の周波数偏差を補正して受信する必要がある、短時間で、高精度の周波数偏差検出が行わなければならないことがあげられる。

【0022】そこで、この問題の対策として、たとえば、パーストの先頭に、周波数偏差検出用の固定パターンの信号を配置する方法が提案されている。この方法に関する文献としては、たとえば、電子情報通信学会技術研究報告RCS98-21(1998年4月)に掲載された、望月伸晃ほか著の「OFDM用周波数およびシンボルタイミング同期方式」におけるOFDM受信機がある。なお、この受信機は、前述した図7に示す従来の受信機と、周波数偏差検出部111bを除いて同一の構成であるため、同一の部分については説明を省略する。

【0023】図10は、上記受信機における周波数偏差検出部111bの内部構成を詳細に示す図である。なお、図8にて説明した構成と同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。また、図11は、この受信機の周波数偏差検出に用いられるOFDM信号を示す図である。このOFDM方式のパースト信号には、パーストの先頭に固定パターンの信号が配置されており、OFDMシンボルの半分の長さ、すなわち、 $T/2$ で、同じ信号が2度繰り返し配置されている。

【0024】これにより、周波数偏差検出部111bでは、受信複素ベースバンド信号110で、 $1/2$ OFDMシンボル長だけ離れた信号の相関を、 $1/2$ シンボル長にわたって計算することにより、受信信号の周波数偏差を検出できる。先に説明した周波数偏差検出部111との相違点を具体的にいうと、 $1/2$ シンボル遅延回路141が受信信号を $1/2$ シンボル長($T/2$)だけ遅

延させる点と、レジスタ124が乗算回路123の出力を $1/2$ シンボル長($T/2$)にわたって記憶し、加算回路125が $1/2$ シンボル長($T/2$)にわたる乗算結果を加算して相関をとる点と、加算回路125の出力の相関値を累算回路でシンボル単位に加算せず、先頭シンボルの相関値だけから周波数偏差を検出する点である。

【0025】従って、この受信機では、まず、バースト信号の先頭で、固定パターンのシンボルの相関をとることにより、受信信号の周波数偏差を検出する。そして、ここで検出された周波数偏差を用いて、バースト信号全体の受信周波数偏差を除去する。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、OFDM方式を採用する従来の受信機では、バースト信号における先頭の1シンボルの固定パターンだけから周波数偏差を求めているため、周波数偏差の検出精度が雑音の影響を受けやすく、検出した周波数偏差が正しい値からずれやすくなる、すなわち、受信ビットの誤り率が劣化する、という問題があった。

【0027】また、従来の受信機では、周波数偏差の検出および除去の方法が、上記のように、バースト信号の先頭で固定パターンのシンボルの相関をとることにより周波数偏差を検出し、ここで検出された周波数偏差を用いてバースト信号全体の周波数偏差を除去するため、周波数偏差を高い精度で検出しようとする、検出に時間がかかる、という問題が発生し、逆に、短時間で周波数偏差を検出しようとする、周波数偏差の検出精度が劣化して、それに伴って受信バースト全体のビット誤り率が劣化する、という問題が発生する。

【0028】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、さらに、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる無線通信システム用受信機を得ること、および、その受信周波数偏差の補正方法を得ることを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる無線通信システム用送信機にあっては、先頭に1シンボル長の固定パターンを連続して配置し、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に、1シンボル長の同一固定パターンを配置するバースト信号を、受信機に対して送信することを特徴とする。

【0030】この発明によれば、受信機にて、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の精度を向上させることもできる。また、受信機にて、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位

置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる。

【0031】つぎの発明にかかる無線通信システム用送信機にあっては、さらに前記固定パターンの他に、少なくとも一つの同一固定パターンをバースト信号内に配置することを特徴とする。

【0032】この発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、さらに少なくとも一つの同一固定パターンをバースト信号内に配置して送信する。これにより、受信機では、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる。

【0033】つぎの発明にかかる無線通信システム用送信機にあっては、バースト信号全体に時間インターリーブをかけることにより、前記先頭シンボルから複数シンボル離れた位置までのバースト信号のデータと、それ以降バースト信号のデータと、が交じり合うように順番を並べ替えることを特徴とする。

【0034】この発明によれば、受信機が、並べかえられたデータを、もとにもどす処理(デインターリーブ)を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の復号処理における誤り訂正能力の劣化を防ぐことができる。

【0035】つぎの発明にかかる無線通信システム用受信機にあっては、先頭に1シンボル長の固定パターンが連続して配置され、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に1シンボル長の同一固定パターンが配置されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを1シンボル長だけ遅延させ、その後、二つの連続する固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、周波数偏差を検出する第1の周波数偏差検出手段

(後述する実施の形態の第1の周波数偏差検出部1aに相当)と、前記バースト信号から、前記第1の周波数偏差検出手段にて検出された周波数偏差を除去する第1の周波数偏差除去手段(第1の周波数偏差補正部2aに相当)と、前記第1の周波数偏差除去手段にて除去されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを前記複数シンボル離れた固定パターンまで遅延させ、その後、二つの固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、残留周波数偏差を検出する第2の周波数偏差検出手段(第2の周波数偏差検出部1bに相当)と、前記第1の周波数偏差除去手段にて除去されたバースト信号から、前記第2の周波数偏差検出手段にて検出された残留周波数偏差を除去する第2の周波数偏差除去手段(第2の周波数偏差補正部2bに相当)と、を備えることを特徴とする。

【0036】この発明によれば、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、

従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の検出精度を向上させることができる。これにより、受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、精度のよい周波数偏差の除去が可能となる。また、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる。これにより、さらに精度のよい周波数偏差の除去が可能となる。

【0037】つぎの発明にかかる無線通信システム用受信機にあっては、前記第2の周波数偏差検出手段および前記第2の周波数偏差除去手段の組み合わせを、少なくとも一つ備えることにより、前記固定パターンに加えてさらに少なくとも1つの以外の同一固定パターンが配置されたバースト信号を受信した場合に、さらに残留する周波数偏差を検出し、その後、受信した信号からその残留周波数偏差を除去することを特徴とする。

【0038】この発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、少なくとも一つの同一固定パターンを配置したバースト信号を受信することにより、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる。

【0039】つぎの発明にかかる無線通信システム用受信機にあっては、前記周波数偏差が除去され、さらに復調されたデータ列を、バースト信号全体にわたりデインターリーブすることにより、データの並び替えを行う並び替え手段（後述する実施の形態のデインターリーブ8に相当）と、前記並び替え手段にて分散された誤りを訂正する誤り訂正手段（誤り訂正復号部9に相当）と、をさらに備えることを特徴とする。

【0040】この発明によれば、送信機にて並べかえられたデータを、もとにもどす処理（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の復号処理における誤り訂正能力の劣化を防ぐことができる。すなわち、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる。

【0041】つぎの発明にかかる受信周波数偏差の補正方法にあっては、先頭に1シンボル長の固定パターンが連続して配置され、さらに、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置に1シンボル長の同一固定パターンが配置されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを1シンボル長だけ遅延させ、その後、二つの連続する固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、周波数偏差を検出する第1のステップと、前記バースト信号から、前記第1のステップにて検出された周波数偏差を除去する第2のステップと、前記第1のステップにて除去されたバースト信号を入力し、先頭シンボルを前記複数シンボル離れた固定パターンまで遅延させ、

その後、二つの固定パターンを用いて1シンボル長にわたる相関をとることにより、残留周波数偏差を検出する第3のステップと、前記第2のステップにて除去されたバースト信号から、前記第3のステップにて検出された残留周波数偏差を除去する第4のステップと、を含むことを特徴とする。

【0042】この発明によれば、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができる。これにより、受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、精度のよい周波数偏差の除去が可能となる。また、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる。これにより、さらに精度のよい周波数偏差の除去が可能となる。

【0043】つぎの発明にかかる受信周波数偏差の補正方法にあっては、前記第3のステップおよび前記第4のステップの組み合わせを、少なくとも一つ含むことにより、前記固定パターンに加えてさらに少なくとも1つの同一固定パターンが配置されたバースト信号を受信した場合に、さらに残留する周波数偏差を検出し、その後、受信した信号からその残留周波数偏差を除去することを特徴とする。

【0044】この発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、さらに少なくとも一つの同一固定パターンを配置したバースト信号を受信することにより、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる。

【0045】つぎの発明にかかる受信周波数偏差の補正方法にあっては、前記周波数偏差が除去され、さらに復調されたデータ列を、バースト信号全体にわたりデインターリーブすることにより、データの並び替えを行う並び替えステップと、前記並び替えステップにて分散された誤りを訂正する誤り訂正ステップと、をさらに含むことを特徴とする。

【0046】この発明によれば、送信機にて並べかえられたデータを、もとにもどす処理（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の複合処理における精度劣化を防ぐことができる。すなわち、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる。

【0047】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる無線通信システム用送信機および受信機、ならびに受信周波数偏差の補正方法、の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定さ

れるものではない。

【0048】たとえば、OFDM方式を採用する本発明にかかる送信機は、前述した従来技術と同様、直並列変換部101と、マッピング部102a、102b、…、102cと、逆高速フーリエ変換部（IFFT：Inverse Fast Fourier transform）103と、並直列変換部104と、ガードインターバル付加部105と、から構成される。

【0049】図1は、本発明にかかる送信機にて生成されるOFDM信号のバーストフォーマットである。以下、上記送信機におけるOFDM信号の生成方法を説明する。まず、送信機における送信データ系列100は、従来同様、直並列変換部101にてN（Nは整数）個のサブキャリア毎のデータ系列に並列化される。並列化されたデータ系列を受け取った各マッピング部では、たとえば、QPSK（Quaternary Phase Shift Keying）や16QAM（Quadrature Amplitude Modulation）等の変調方式で、サブキャリア単位のデータ系列を信号点にマッピングする。

【0050】その後、逆高速フーリエ変換部103では、複数のサブキャリアの信号点を逆高速フーリエ変換し、その信号を時系列信号にする。その時系列信号を受け取った並直列変換部104では、得られる時系列信号を直列データ列に変換し、そして、直列の時系列信号を受け取ったガードインターバル付加部105では、その時系列信号の後半の一部を複製してその部分をガードインターバルとし、時系列信号の前に配置する。この信号に対し、図示しない固定パターン付加部では、複数の固定パターンを時系列信号の所定位置に配置する。

【0051】その結果、本発明にかかる送信機が送信するOFDM信号は、受信バーストの先頭に1シンボル長の固定パターンが2シンボル連続して配置され、また、中央部にも、すなわち、先頭シンボルからn（nは整数）シンボル離れた位置にも、1シンボル長の同一固定パターンが配置され、さらにこれらの他に、バースト信号内において同一の固定パターンが複数個配置されている。

【0052】なお、各マッピング部の出力以降の信号については、複素ベースバンド信号となるが、ここでは、簡単のため、I信号およびQ信号に分けずに表している。また、ガードインターバル付加部105から出力される複素ベースバンド信号は、図示はしていないが、直交変調器等により直交変調され、送信機から出力される。

【0053】つぎに、OFDM方式を採用する本発明にかかる受信機の構成、および受信周波数偏差の検出方法ならびに検出された周波数偏差の除去方法、を図面に従って説明する。なお、本発明にかかる受信機においては、上記OFDM信号の性質を用いて、受信周波数偏差を検出することになる。

【0054】図2は、本発明にかかる受信機の構成を示すものである。図2において、10は受信信号が直交変調器（図示せず）等により直交復調された受信複素ベースバンド信号であり、1aは第1の周波数偏差検出部であり、1bは第2の周波数偏差検出部であり、2aは周波数偏差補正部であり、2bは周波数偏差補正部であり、3はガードインターバル除去部であり、4は直並列変換部であり、5は高速フーリエ変換部（FFT：Fast Fourier transform）であり、6a、6b、…6cは復調部であり、7は並直列変換部であり、8はデインターリーバであり、9は誤り訂正復号部である。なお、ガードインターバル除去部3、直並列変換部4、高速フーリエ変換部5、復調部6a、6b、…6c、および並直列変換部7については、前述した従来技術と同様のため、その説明を省略する。

【0055】まず、本発明にかかる受信機では、第1の周波数偏差検出部1aが、受信複素ベースバンド信号10における1シンボル長だけ離れた信号、すなわち、図1に示す先頭の同一固定パターンどうしの相関を、1シンボル長にわたって計算することにより、受信周波数偏差を検出する。

【0056】ここで、本発明の第1の周波数偏差検出部1aの動作を説明する。図3は、本発明の第1の周波数偏差検出部1aの内部構成を詳細に示す図である。たとえば、図3において、11は受信複素ベースバンド信号10を1シンボル時間Tだけ遅延させる1シンボル遅延回路であり、12は遅延された受信複素ベースバンド信号10の複素共役を計算する複素共役演算回路であり、13は受信した複素ベースバンド信号10と複素共役演算回路12の出力を乗算する乗算回路であり、14は乗算回路13の出力を1シンボル長にわたって記憶するレジスタであり、15はレジスタ14の出力を加算して相関をとる加算回路であり、16は加算回路15から出力される先頭シンボルの相関値から偏角、すなわち、周波数偏差に起因して1標本時間（ T/N ）あたりに生じる位相偏移量を取り出す偏角演算回路である。

【0057】このように、本発明の第1の周波数偏差検出部1aでは、1シンボル遅延回路11が受信信号を1シンボル長（T）だけ遅延させることと、レジスタ14が乗算回路13の出力を1シンボル長（T）にわたって記憶し、加算回路15が1シンボル長（T）にわたる乗算結果を加算して相関をとることに、特徴がある。すなわち、図2に示す第1の周波数偏差検出部1aにて検出される周波数偏差が、1シンボル長にわたって乗算結果を加算し、さらに相関をとった結果から求められているため、第1の周波数偏差検出部1aでは、従来技術（図10に示す）と比較して、2倍の数のデータを加算していることになる。

【0058】従って、第1の周波数偏差検出部1aでは、受信信号に雑音が含まれる場合でも、多数のデータ

を加算することができるため、その雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の精度を向上させることもできる。すなわち、バーストの先頭で推定する周波数偏差が、従来技術にて推定される周波数偏差に比べて正確な値となる。

【0059】そして、本発明にかかる受信機では、第1の周波数偏差補正部2aが、第1の周波数検出部1aにて検出した周波数偏差を用いて、バースト信号内における n シンボル離れたつぎの固定パターンまでの周波数偏差を除去する。

【0060】つぎに、受信機では、第2の周波数偏差検出部1bが、周波数偏差が大まかに除去された受信複素ベースバンド信号（先に説明した第1の周波数偏差補正部2aの動作参照）を用いて、 n シンボル長だけ離れた信号の相関を1シンボル長にわたって計算することにより、第1の周波数偏差補正部2aにて出力する受信複素ベースバンド信号の残留周波数偏差を検出する。

【0061】ここで、本発明の第2の周波数偏差検出部1bの動作を説明する。図4は、本発明の第2の周波数偏差検出部1bの内部構成を詳細に示す図である。なお、先に説明した第1の周波数偏差検出部1aと同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。図4において、11aは第1の周波数偏差補正部2aからの複素ベースバンド信号を n シンボル時間（ nT ）だけ遅延させる n シンボル遅延回路である。

【0062】バースト信号の（ $n+1$ ）シンボル目、すなわち、先に説明した先頭の固定パターンから n シンボル離れた位置には、先頭の固定パターンと同一の1シンボル長の固定パターンが配置されており、第2の周波数偏差検出部1bでは、バースト信号の（ $n+1$ ）シンボルの固定パターンと、バースト信号の先頭シンボルの固定パターンと、の相関を利用して周波数偏差を検出する。

【0063】このように、第2の周波数偏差検出部1bでは、第1の周波数偏差補正部2aにて周波数偏差が大まかに除去された受信信号を n シンボルだけ遅延させることにより、先頭シンボルから n シンボルだけ離れたシンボル（固定パターン）との相関をとり、周波数偏差を検出している。そのため、受信信号の位相は、たとえば、残留受信周波数偏差が Δf である場合、 n シンボル時間 nT の間に、 $2n\pi\Delta fT$ だけ回転することになる。すなわち、第2の周波数偏差検出部1では、第1の周波数偏差検出部1aの n 倍の間隔で位相回転を検出し、 n 倍の精度で周波数偏差を検出することができるようになる。

【0064】これにより、第2の周波数偏差検出部1bでは、第1の周波数偏差検出部1aに比べ、雑音の影響を $1/n$ に低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることができる。すなわち、第2の周波数偏差検出部1bにおいてバーストの中央で推定する周

波数偏差は、さらに正確な値となる。

【0065】そして、本発明にかかる受信機では、第2の周波数偏差補正部2bが、第2の周波数検出部1bにて検出した周波数偏差を用いて、バースト信号内の（ $n+1$ ）シンボル目以降の周波数偏差を除去する。

【0066】上記のように二つの周波数偏差補正部にて周波数偏差を除去された複素ベースバンド信号は、つぎに、ガードインターバル除去部3にてガードインターバルを除去され、さらに、直並列変換部4にて N 個の時系列信号に並列化される。並列化後、高速フーリエ変換部5では、その時系列信号を高速フーリエ変換し、それぞれを N 個のサブキャリアの信号に変換する。

【0067】そして、各サブキャリア単位の復調を行う復調部116a、116b、…、116cでは、たとえば、QPSKや16QAM等の変調方式に基づいて、並列化されたサブキャリア単位の信号を復調し、復調後、直並列変換部117では、サブキャリア単位の復調データを、直列のデータ系列に変換して出力する。

【0068】しかしながら、上述の周波数偏差の検出方法および補正方式において、バースト信号の n シンボル目までは、バースト信号の先頭シンボルを用いて検出した精度の劣る周波数偏差（すなわち、第1の周波数偏差検出部1aで検出した周波数偏差に相当）で補正を行うので、受信誤り率が（ $n+1$ ）シンボル目以降に比べて劣る可能性がある。

【0069】そこで、本発明にかかる受信機においては、送信データ系列を誤り訂正符号化して伝送する場合には、バースト全体で時間インターリーブをかけ、 n シンボル目までの比較的誤りの多い受信データと、（ $n+1$ ）シンボル目以降の比較的誤りの少ない受信データと、が交じり合うように、順番を並べ替える。すなわち、送信機にてインターリーブをかけて送信する。

【0070】図2に示すデインターリーブ8および誤り訂正復号部9は、上記のように並べかえられたデータを、もとにもどす処理を行うための構成である。たとえば、デインターリーブ8では、直並列変換部7から出力される復調データ列をバーストにわたって蓄積し、ビット順の並び替え（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになる。また、誤り訂正復号部9では、デインターリーブ8にて分散した誤りを訂正する。これにより、ビット誤りの集中により生ずる、誤り訂正符号の複合処理の精度劣化を防ぐことができる。

【0071】以上、本実施の形態においては、周波数偏差を検出するための固定パターンを、受信バーストの先頭に2シンボル連続して配置するようにしていたが、これに限らず、たとえば、途中の2シンボルでもよく、さらに、2シンボル連続する必要もない。

【0072】また、本実施の形態においては、本発明に

かかる受信機をOFDM受信機としたが、OFDM方式を採用する受信機だけに限らず、この受信機は、たとえば、シングルキャリア方式の受信機にも適用可能である。さらに、第1の周波数偏差検出部1aおよび第2の周波数偏差補正部1bを増やすことにより、3回以上にわたって周波数偏差を検出することとしてもよい。

【0073】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、受信機にて、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の精度を向上させることもできる、という効果を奏する。また、受信機にて、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる、という効果を奏する。

【0074】つぎの発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、さらに少なくとも一つの同一固定パターンをバースト信号内に配置して送信する。これにより、受信機では、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる、という効果を奏する。

【0075】つぎの発明によれば、受信機が、並べかえられたデータを、もとにもどす処理（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の複合処理における精度劣化を防ぐことができる、という効果を奏する。

【0076】つぎの発明によれば、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の検出精度を向上させることができる。これにより、受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、精度のよい周波数偏差の除去が可能となる、という効果を奏する。また、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる。これにより、さらに精度のよい周波数偏差の除去が可能となる、という効果を奏する。

【0077】つぎの発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、さらに少なくとも一つの同一固定パターンを配置したバースト信号を受信することにより、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる、という効果を奏する。

【0078】つぎの発明によれば、送信機にて並べかえ

られたデータを、もとにもどす処理（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の複合処理における精度劣化を防ぐことができる。すなわち、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる、という効果を奏する。

【0079】つぎの発明によれば、1シンボル長にわたる連続する固定パターンの相関をとることができるため、従来技術と比較して、雑音の影響を低減させることができ、さらに、周波数偏差の検出精度を向上させることができる。これにより、受信周波数偏差の検出を比較的短時間で高精度に行うことができ、精度のよい周波数偏差の除去が可能となる、という効果を奏する。また、先頭シンボルの固定パターンと、先頭シンボルから複数シンボル離れた位置の同一固定パターンと、の相関をとることができるため、さらに雑音の影響を低減でき、それに伴って周波数偏差の精度を大幅に向上させることもできる。これにより、さらに精度のよい周波数偏差の除去が可能となる、という効果を奏する。

【0080】つぎの発明によれば、連続する固定パターンおよび先頭シンボルから複数シンボル離れた固定パターンの他に、さらに少なくとも一つの同一固定パターンを配置したバースト信号を受信することにより、さらに精度の高い周波数偏差を検出可能となる、という効果を奏する。

【0081】つぎの発明によれば、送信機にて並べかえられたデータを、もとにもどす処理（デインターリーブ）を行う。これにより、バーストの前半に集中する可能性のあるビット誤りが、バースト全体に分散されることになり、誤り訂正符号の複合処理における精度劣化を防ぐことができる。すなわち、受信バースト全体のビット誤り率の劣化を防ぐことができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる送信機にて生成されるOFDM信号のバーストフォーマットを示す図である。

【図2】 OFDM方式を採用する本発明にかかる受信機の構成を示す図である。

【図3】 第1の周波数偏差検出部1aの内部構成を詳細に示す図である。

【図4】 第2の周波数偏差検出部1bの内部構成を詳細に示す図である。

【図5】 OFDM方式における従来の送信機の構成を示す図である。

【図6】 OFDM信号を示す図である。

【図7】 OFDM方式における従来の受信機の構成を示す図である。

【図8】 従来における周波数偏差検出部の内部構成を詳細に示す図である。

【図9】 従来における周波数偏差補正部の内部構成を詳細に示す図である。

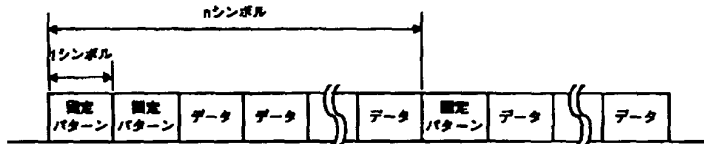
【図10】 図8とは異なる従来における周波数偏差検出部の内部構成を詳細に示す図である。

【図11】 図6とは異なるOFDM信号を示す図である。

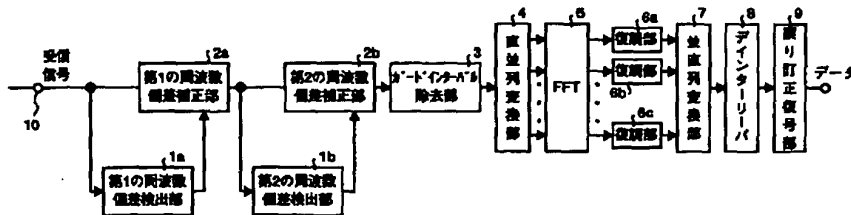
【符号の説明】

1 a 第1の周波数偏差検出部、1 b 第2の周波数偏差検出部、2 a 第1の周波数偏差補正部、2 b 第2の周波数偏差補正部、3 ガードインターバル除去部、4 直並列変換部、5 高速フーリエ変換部、6 a、6 b、6 c 復調部、7 並直列変換部、8 デインターリーバ、9 誤り訂正復号部。

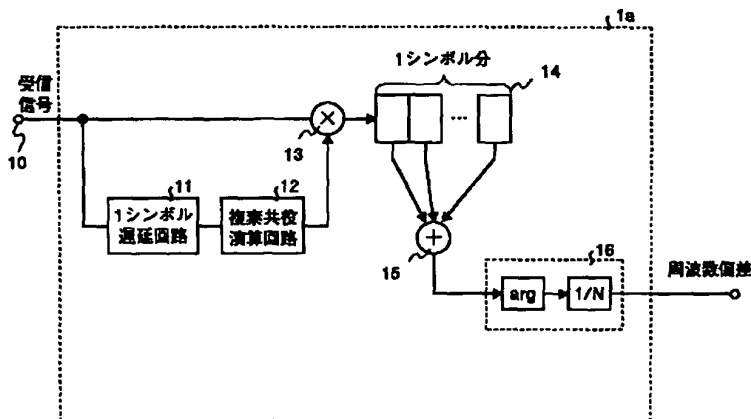
【図1】



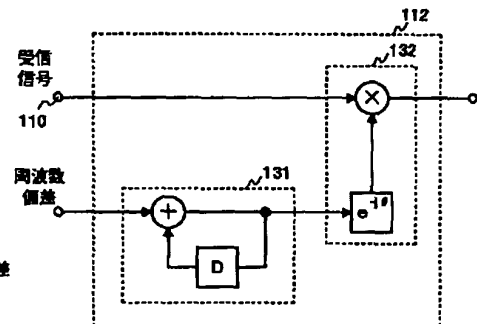
【図2】



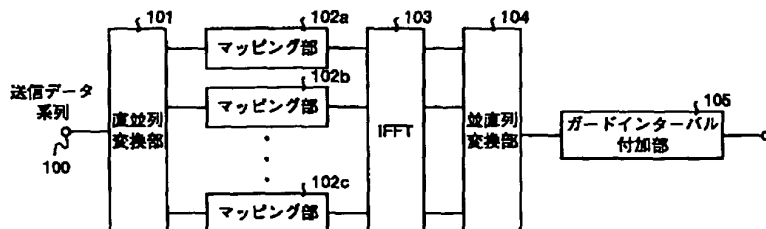
【図3】



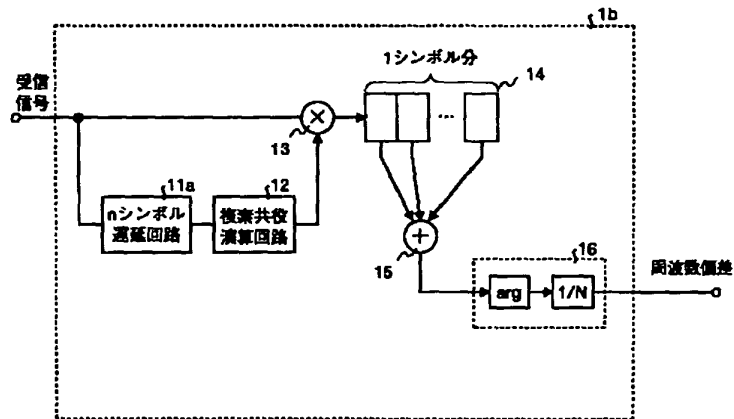
【図9】



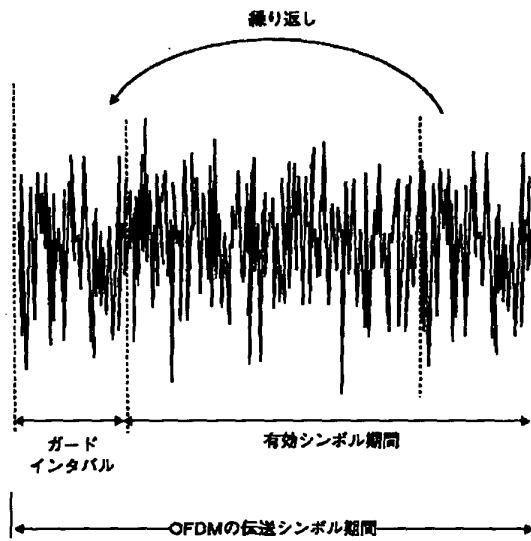
【図5】



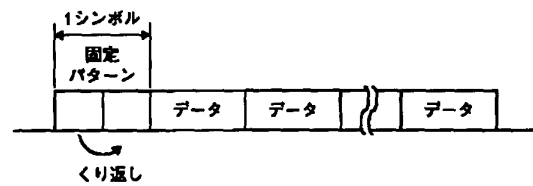
【図4】



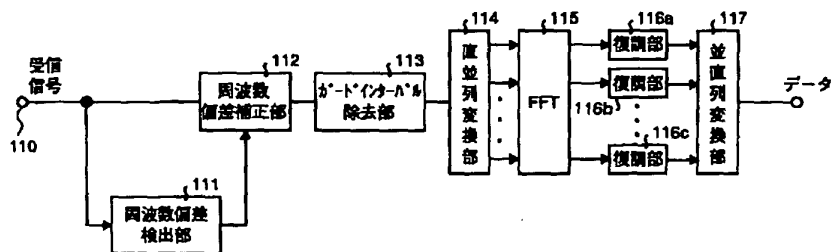
【図6】



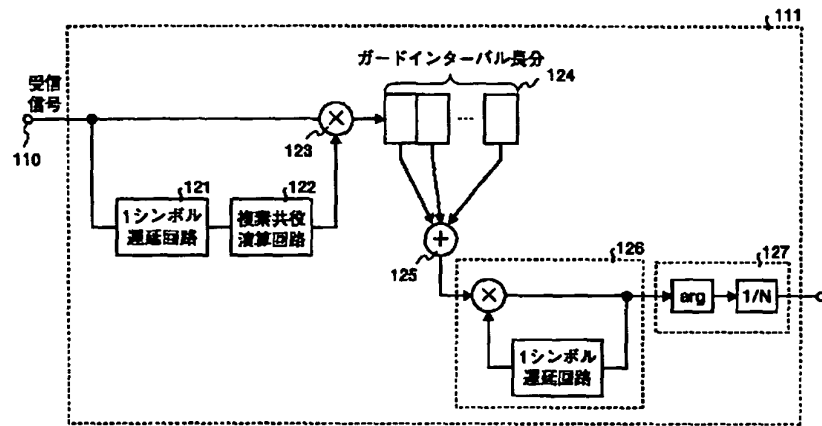
【図11】



【図7】



【図8】



【図10】

